

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
12. Februar 2004 (12.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/013576 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01D 5/249

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ELGO-ELECTRIC GMBH [DE/DE]; Positionier- und Längenmesssysteme GmbH, Carl-Benz-Strasse 1, 78239 Rielasingen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/008419

(22) Internationales Anmeldedatum:  
30. Juli 2003 (30.07.2003)

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MÜLLER, Frank [DE/DE]; Heunerstrasse 41, 44229 Dortmund (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(74) Anwälte: BEHRMANN, Niels usw.; Hiebsch Behrmann, Heinrich-Weber-Platz 1, 78224 Singen (DE).

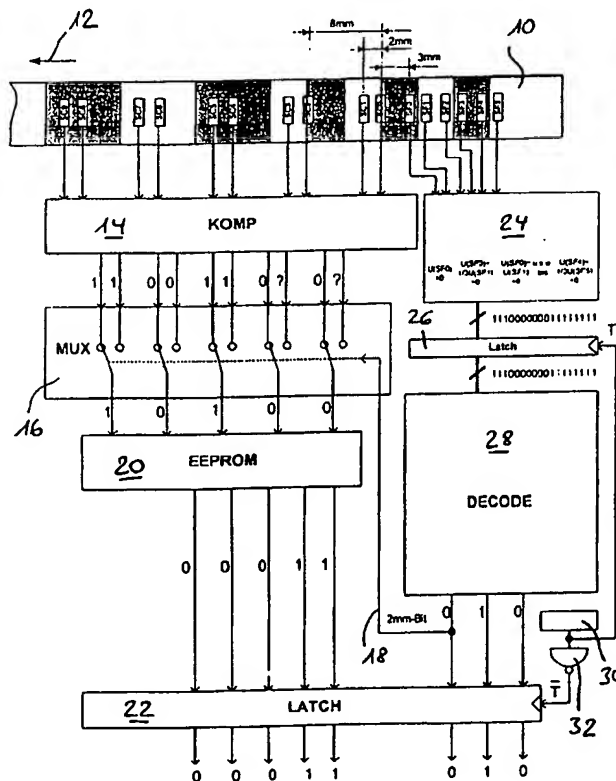
(30) Angaben zur Priorität:  
102 34 744.1 30. Juli 2002 (30.07.2002) DE

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR POSITIONAL AND/OR LENGTH DETERMINATION

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR POSITIONS- UND/ODER LÄNGENBESTIMMUNG



(57) Abstract: The invention relates to a device for positional and/or length determination comprising a carrier unit with an absolute magnetic length coding and a measuring unit that co-operates with the carrier unit and can be displaced in relation to the latter. Said measuring unit has a magnetic sensor unit (SCi, SFi) and can be connected to an electronic evaluation unit (18 to 32) that is located downstream of the measuring unit. According to the invention, the elongated, rod-shaped carrier unit (10) is provided with one track of preferably radially magnetized length coding, a plurality of coding sections comprising periodic pole divisions is provided along the length coding and coding sections of a first polarity alternate with coding sections of a second polarity along the carrier unit, in such a way that a maximum of two coding sections of the same polarity lie directly adjacent to one another.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Positions- und/oder Längenbestimmung mit einer absoluten magnetischen Längencodierung aufweisenden Trägereinheit (10) und einer mit der Trägereinheit zusammenwirkenden, relativ zu dieser bewegbar vorgesehenen Messeinheit, die eine magnetische Sensoreinheit (SCi, SFi) aufweist und mit einer dieser nachgeschalteten elektronischen Auswerteeinheit (18 bis 32) verbindbar ist, wobei die langgestreckt und

stangenförmig ausgebildete Trägereinheit

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/013576 A1



CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, IU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(10) einspurig mit der bevorzugt radial magnetisierten Längencodierung versehen ist, entlang der Längencodierung eine Mehrzahl von Codierungsabschnitten mit einer regelmässigen Polteilung vorgesehen ist und Codierungsabschnitte einer ersten Polarität mit Codierungsabschnitten einer zweiten Polarität so abwechselnd entlang der Trägereinheit angeordnet sind, dass maximal zwei Codierungsabschnitte derselben Polarität einander unmittelbar benachbart auftreten.

BESCHREIBUNGVorrichtung zur Positions- und/oder Längenbestimmung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Positions- und/oder Längenbestimmung nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

10

Derartige Vorrichtungen werden insbesondere in einem industriellen Kontext zur Längenmessung verwendet, etwa typischerweise im Zusammenhang mit dem Feststellen von Bewegungen bzw. verfahrenen Längen einer Werkzeugmaschine oder bei  
15 entsprechenden Messaufgaben an einer fördertechnischen Anlage.

Derartige Längenmesssysteme weisen typischerweise eine Trägereinheit auf, welche mit einer magnetischen Längencodierung versehen ist. Eine derartige Längenmessvorrichtung ist  
20 beispielsweise aus dem deutschen Gebrauchsmuster 200 12 703 der Anmelderin bekannt.

Ferner sind aus dem Stand der Technik derartige Vorrichtungen  
25 bekannt, welche eine absolute magnetische Codierung aufweisen, beispielhaft sei auf die offengelegte deutsche Patentanmeldung 197 32 713 der Anmelderin verwiesen.

Derartige absolute Codierungen weisen gegenüber relativ codierten Systemen den Vorteil auf, dass End- bzw. Referenzpositionen nicht erfasst werden müssen, sondern aus einer aktuellen Position eines Sensorkopfes unmittelbar auf die Position entlang der Trägereinheit mit der Längencodierung geschlossen werden kann.  
30

35

Allerdings weisen derartige, aus dem Stand der Technik bekannte und als gattungsbildend angenommene Vorrichtungen den Nachteil auf, dass zur Erreichung einer absoluten ma-

gnetischen Längencodierung typischerweise mindestens zwei parallele Spuren der Längencodierung vorgesehen sein müssen, um eine sinnvolle Längenauflösung bei der gewünschten Absolutcodierung zu realisieren. Dadurch wird jedoch zum  
5 einen die Trägereinheit problematisch in der Realisierung (und eignet sich insbesondere nur noch schlecht für gebogene, mit der Längencodierung versehene Trägereinheiten), und zudem wird der mit der magnetischen Mengencodierung zusammenwirkende Sensorkopf voluminös, unhandlich und damit  
10 potentiell problematisch zu führen und zu steuern.

Ein weiterer Nachteil von Absolutcodierungen, insbesondere solchen, die mittels eines sog. Zufallscodes bzw. Pseudo-Zufallscodes erzeugt werden, liegt darin, dass aufgrund einer  
15 relativ unsymmetrischen Verteilung von mit der jeweiligen Polarität magnetisierten Codierungsabschnitten es zu Magnetisierungsinhomogenitäten kommen kann, insbesondere im Hinblick auf eine sog. Intersymbolinterferenz (das Magnet-signal kleinerer Pole wird durch benachbarte große, d. h.  
20 mehrere gleichpolige Flächen beeinträchtigt). Dies wiederum beeinträchtigt die Ablesesicherheit von der Trägereinheit.

Gerade jedoch im industriellen Produktionsumfeld ist Zuverlässigkeit und Störungsfreiheit von großer Bedeutung, so  
25 dass es hier beträchtlichen Vereinfachungs- und Verbesserungsbedarf gibt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine gattungsbildende Vorrichtung zur Positions- und/oder Längenbestimmung mit einer eine absolute magnetische Längencodierung aufweisenden Trägereinheit dahingehend zu verbessern,  
30 dass diese gegenüber bekannten, gattungsbildenden Vorrichtungen einfacher und kompakter realisiert werden kann, gleichzeitig jedoch eine hohe (oder sogar verbesserte) Längenauflösung ermöglicht und insbesondere auch unter schwierigen Betriebsbedingungen sowie in einem Abstand von der Trägereinheit, unbeeinträchtigt durch magnetische Überlappungseffekte, zuverlässig abgelesen werden kann.  
35

Die Aufgabe wird durch die Vorrichtung mit den Merkmalen des Hauptanspruchs sowie des unabhängigen Vorrichtungsanspruches 12 gelöst; vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

In erfindungsgemäß vorteilhafter Weise ist zunächst die Trägereinheit langgestreckt und stangenförmig ausgebildet, so dass sie insbesondere auch unmittelbar durch eine Kolbenstange od. dgl., welche als wirksames Aggregat gleichermaßen mit der Längencodierung versehen ist, implementiert werden kann. Entsprechend ist die Längencodierung dort radial magnetisiert, d.h. bezogen auf eine sich längs durch die Trägereinheit erstreckende Längsachse ist eine Magnetisierung in radialer Richtung jeweils gleich, und einzelne magnetisierte Abschnitte folgen entlang der Längsrichtung aufeinander. Gemäß einer alternativen Lösung im Rahmen der Erfindung, für welche unabhängig Schutz beansprucht wird, wird die Möglichkeit geschaffen, eine Längenmessung entlang einer geschlossenen Bahnkurve durchzuführen. Zu diesem Zweck ist erfindungsgemäß die Trägereinheit mit ihrer magnetischen Längencodierung so ausgebildet, dass eine geschlossene Bahnkurve, insbesondere in Form einer kreisförmigen Bahnkurve, entsteht. Entsprechend kann damit die absolute Position eines Messkopfes relativ zu einem zu der geschlossenen Bahnkurve gekrümmten codierten Magnetband ermittelt werden, wobei die Codierung an eine entsprechende Nahtstelle (d.h. Codierungsanfang und -ende sind hier zusammengeführt) einen Ursprung bekommt, durch welchen die (ansonsten absolute) Codierung zyklisch wird. In besonders vorteilhafter Weise lässt sich eine derartige, entlang einer (geschlossenen) Bahnkurve gekrümmte Codierung etwa zum Messen des Außenumfanges eines Zylinders, des Innenumfanges eines Hohlzylinders, einer in sich geschlossenen Strecke in einer Förderanlage usw. verwenden.

Erfindungsgemäß ist nun die langgestreckte oder bahnförmig gekrümmte Längencodierung so realisiert, dass, mit einer regelmäßigen Polteilung, Codierungsabschnitte der ersten und der zweiten Polarität so aufeinander folgen, dass maximal zwei Codierungsabschnitte derselben Polarität einander unmittelbar benachbart auftreten. In der Praxis wird dies so realisiert, dass eine Absolutcodierung mittels eines sog. Pseudo-Zufallscodes zu einer binären Folge von Codierungsabschnitten führt, und nunmehr zwischen jeden dieser Codierungsabschnitte ein weiterer Codierungsabschnitt eingefügt wird, welcher in seiner Polarität jeweils umgekehrt dem Vorhergehenden (d.h. entgegen einer angenommenen Bewegungsrichtung benachbart) gepolt ist.

Dies führt dann zu einer Kombination einer Pseudozufallsfolge mit einer sogenannten Manchestercodierung, wobei die zusätzlich eingefügten Codierungsabschnitte gleichermaßen einen Takt der Längencodierung vorgeben.

Dies führt dann dazu, dass maximal zwei Codierungsabschnitte derselben Polarität einander unmittelbar benachbart auftreten, mit dem Ergebnis, dass nicht nur entlang der gesamten langgestreckten Trägereinheit jederzeit eine zuverlässige Positionsbestimmung möglich ist (insbesondere auch eine saubere Interpolation in einem kurzen Streckenbereich) erfolgen kann), auch wird die oben diskutierte Intersymbol-Interferenz wirksam verhindert, denn ein aus maximal zwei gleichpoligen Codierungsabschnitten bestehendes magnetisches Segment wirkt sich nicht drastisch auf die saubere Ablesbarkeit eines einfachen Segments aus.

Weitere Vorteile, welche insbesondere auch durch die Weiterbildungsgemäß vorgesehenen Merkmale unterstützt werden, ermöglichen dann, dass eine Realisierung von schnell reagierenden bzw. mit kurzen Verarbeitungszeiten arbeitenden Systemen auf einfache Weise und mit preiswerten Bauelementen ermöglicht ist, insbesondere ist es möglich, ein ein-

spuriges autoreferenzierendes System auf einfache Art und Weise zu realisieren.

In herstellungstechnisch und praktisch bedeutsamer Weise ist es im Rahmen einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, die langgestreckte und stangenförmig ausgebildete Trägereinheit nicht mittels eines einstückigen, geeignet magnetisierten Elements auszubilden, sondern vielmehr eine (bevorzugt metallische) Hülse vorzusehen, welche dann ihrerseits eine entsprechend der Polteilung bzw. den entsprechenden Codierungsabschnitten notwendige Anzahl von Einzelmagneten enthält. Diese werden, geeignet zylindrisch bemessen und innerhalb der Hülse aneinander gehalten, so zusammengesetzt, dass sich die im Rahmen der Erfindung erforderliche Codierung ergibt. Vorteilhaft lässt sich durch eine derartige Ausbildung bei Wahl entsprechend leistungsfähiger Einzelmagnete eine überaus trennscharf magnetisierte, einfach herzustellende Gesamtanordnung realisieren.

Im Ergebnis wird durch die Erfindung erreicht, dass die Vorteile bisheriger absoluter Einspursysteme (schlanke Trägereinheit mit kompakten Sensorkopf sowie preiswerte Realisierung) mit Vorteilen von Zwei- bzw. Mehrspursystemen und deren hoher Auflösung kombiniert.

Im Rahmen einer bevorzugten Realisierungsform der vorliegenden Erfindung sind den den Codierungsabschnitten zugeordneten magnetischen Sensoreinheiten Auswahlmittel zugeordnet, die selbst eine Mehrzahl, insbesondere mindestens fünf, Interpolationssensoren aufweisen. Diese Interpolationssensoren ermöglichen es auf einfache und parallel zu verarbeitende Weise, dass, bei Abstand zwischen einem ersten und einem letzten der Abfolge von Interpolationssensoren von mehr als dem Zweifachen der Polteilung, genau der mindestens eine Polaritätswechsel in dem so aufgespannten Bereich detektiert werden kann; mithin ist es auf einfache Weise möglich, denjenigen einer Mehrzahl

von Abtastsensoren auszuwählen, welcher eine Polarität des gegenüberliegenden Codierungsabschnitts korrekt und zuverlässig detektiert.

- 5 Weiterbildungsgemäß sind im Rahmen der Erfindung zusätzlich Mittel zur Fein-Positionsbestimmung innerhalb eines Codierungsabschnittes bzw. einer Polteilung vorgesehen. Insbesondere ermöglichen es diese Mittel, einen Magnetisierungsverlauf entlang dieses Codierungsabschnittes (entlang  
10 der Längsrichtung der Längencodierung) festzustellen, und daraus ein wegproportionales Interpolationssignal zu generieren. In der Praxis läßt sich damit eine Auflösung erzielen, welche ein Mehrfaches unter der durch die Polteilung ermöglichten physikalischen Auflösung der Längencodierung  
15 liegt.

Während die vorliegende Erfindung besonders geeignet in Werkzeugmaschinen oder fördertechnischen Anlagen ist, ist deren Anwendbarkeit mit der erfindungsgemäßen langgestreckten, stangenförmigen Trägereinheit, welche das einspurige  
20 absolute Längencodierungssystem realisiert, praktisch unbegrenzt für jegliche Maschine oder jegliches Aggregat geeignet, welche die vorbeschriebenen Vorteile ausnutzen kann.



Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten aus der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgender Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen; diese zeigen in

5

Fig. 1 eine Perspektivansicht der langgestreckten, stangenförmigen Trägereinheit zur Verwendung in einer ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung mit schematisch angedeuteter, radial magnetisierter Längencodierung;

10

Fig. 2 ein Signaldiagramm von Sensoranordnungen und Sensorspannungen zur Auswertung und Interpolation der Längencodierung gemäß Fig. 1;

15

Fig. 3 ein Sensorspannungs-Signaldiagramm eines MR-Sensors zur hochauflösenden Positions-Interpolation innerhalb einer Polteilung;

Fig. 4 Ein schematisches Blockschaltbild mit Sensoren zur Code-Abtastung sowie Sensoren zur Feininterpolation sowie deren jeweils nachgeschalteter Komparator- und Auswerteeinheiten gemäß einer bevorzugten Realisierungsform der Erfindung;

25

Fig. 5 Eine Darstellung analog Fig. 4 mit gegenüber der Position der Fig. 4 versetztem Sensorkopf sowie entsprechend umgeschalteter Auswahl der Multiplexereinheit;

30

Fig. 6 Eine Darstellung analog Fig. 4, Fig. 5 mit gegenüber Fig. 5 weiter verschobenem Sensorkopf entlang der Trägereinheit und entsprechend anderem Absolut-Positionscode;

35

Fig. 7 Eine Weiterbildung der Ausführungsform gemäß Fig. 4 bis 6, erweitert durch einen MR-Sensor für ein hochauflösendes System mit Interpolation;

Fig. 8: eine alternative Realisierung der langgestreckten, stangenförmigen Trägereinheit gemäß Fig. 1 mittels langgestreckter Hülse und einer Mehrzahl darin gehaltener Einzelmagnetelemente und

Fig. 9: eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Längenmessung entlang einer geschlossenen Bahnkurve gemäß einem unabhängigen Aspekt der vorliegenden Erfindung.

Die in Fig. 1 exemplarisch gezeigte Trägereinheit, etwa der Bereich einer Kolbenstange od. dgl., weist erfindungsgemäß eine Codierung in Form einer Kombination aus Pseudozufallsfolge und Manchestercodierung auf. Konkret wird die in der Fig. 1 angewendete, radial magnetisierte Längencodierung (entlang der Längsrichtung „X“) so gebildet, dass, mit einer exemplarischen Polteilung  $p=4\text{mm}$ , eine  $n$ -Bit Pseudozufallsfolge als Digitalsignal erzeugt wird, welche  $2^n-1$  verschiedene Positionswerte codiert; dieser Wert multipliziert mit der Polteilung (hier  $4\text{mm}$ ) ergibt dann die maximale Codierungslänge.

Ausgehend von dieser Folge wird dann hinter jeder Magnetisierung „0“ (der Vereinfachung halber werden im folgenden die den Polaritäten N bzw. S entsprechenden Signale binär als „1“ bzw. „0“ bezeichnet) eine Magnetisierung des Wertes „1“ eingefügt, und hinter jeder Magnetisierung des Wertes „1“ wird eine Magnetisierung des Wertes „0“ eingefügt; entsprechend dieser Bit-Folge erfolgt dann die Magnetisierung der Trägereinheit.

Konkret am Beispiel der Fig. 1 bedeutet dies, dass eine 8-Bit Pseudozufallsfolge „10110001“ (welche damit 255 Positionswerte, entsprechend  $1.024\text{mm}$  bei  $p=4\text{mm}$  codieren kann) durch Einfügen gemäß der obigen Regel in die folgende Bit-Folge modifiziert wird: „1001101001010110“. Diese Ab-

folge ergibt sich entsprechend aus der Darstellung der Fig. 1 mit radial magnetisierten Polen.

Ein Abtasten dieser Anordnung läßt sich nun wie folgt realisieren: Bei der Hardware-Umsetzung der Abtastung eines linearen Absolut-Codes werden im einfachsten Fall doppelt soviele Magnetsensoren (hier: Hall-Sensoren) eingesetzt, wie Bits abzutasten sind, wobei für jedes Bit zwei Sensoren im Abstand  $p/2$  vorgesehen sind. Wenn einer der beiden Sensoren in der Nähe eines Polwechsels steht, also eine Sensorspannung annähernd 0 Volt liefert, ist dadurch sichergestellt, dass der jeweils andere Sensor eine sichere Information durch ein eindeutiges (positives oder negatives) Spannungssignal liefern kann. Dies führt dazu, dass signaltechnisch zwei jeweils um  $p/2$  versetzte Sensorkämme selektiv ausgewertet werden.

Das praktische Problem, bei der Auswertung der Sensorspannungen eines Einspursystems den richtigen Sensorkamm auszuwählen, wird gemäß dem beschriebenen Ausführungsbeispiel durch die Bestimmung der Lage eines Nulldurchganges des Magnetfeldes relativ zum Sensorkopfursprung gelöst. Insbesondere nämlich, wenn der sogenannte einfache Pseudozufallscode, wie oben beschrieben, eingesetzt wird, kann es vorkommen, dass lediglich eine Nullstelle im Lesebereich des Sensorkopfes vorhanden ist, welche sich an beliebiger Stelle im durch die Mehrzahl von Magnetfeldsensoren aufgespannten Lesefenster befinden kann. Traditionell sind Hardwarelösungen hierfür relativ aufwendig, da die einzelnen Sensorspannungen typischerweise A/D gewandelt und dann mittels eines Mikrocontrollers gelesen und ausgewertet werden, welches, neben dem Hardwareaufwand, vor allem einen Zeitverlust bedeutet.

Bei der vorliegenden, erfindungsgemäßen Codierung ist sichergestellt, dass in einem Bereich von 10mm (bei  $p=4\text{mm}$ ) mindestens eine Nullstelle auftritt. Wird entsprechend der Sensorabstand auf die halbe Polteilung eingerichtet, spannt

eine Gruppe von sechs Magnetfeldsensoren (Hall-Sensoren) den 10mm-Bereich auf und misst dann zwischen dem ersten und dem letzten Sensor bei beliebiger Position entlang der koordinierten Trägereinheit mindestens eine Nullstelle.

5

In der Praxis des vorliegenden Ausführungsbeispiels wird dies durch einfache Komparatoren realisiert, welche eine binäre Ziffernfolge (entsprechend dem jeweiligen Ausgangssignal der aufeinanderfolgenden Sensoren bzw. Interpolationen dazwischen) erzeugen, wobei diese Ziffernfolge dann die Polarität der Trägereinheit von der Stelle des ersten Sensors an in jeweils vorbestimmten Schritten angibt.

10

Dies soll anhand des Signaldiagramms in Fig. 2 erläutert werden; entlang der Horizontalen ist die Entfernung in Millimeterschritten aufgetragen (entsprechend sind die sechs Sensoren s0 bis s5 um jeweils 2mm beabstandet und spannen den Gesamtbereich von 10mm auf). Die Vertikale verdeutlicht die jeweils gemessene Sensorspannung des betreffenden Magnetfeldsensors.

20

Eine Interpolation in 0,5mm-Schritten geschieht dadurch, dass, gemäß der Anweisung aus Fig. 2, gewichtete Verknüpfungen zwischen den einzelnen Sensorspannungen  $U(s_0)$ ,  $U(s_1)$  usw. gebildet werden, wobei dann die jeweilige Summe mittels eines zugeordneten Komparators mit einer Schwelle für die Nullmagnetisierung (0 mT) verglichen wird. Derartige Komparatoren sind hardwaremäßig sehr einfach zu realisieren, arbeiten quasi-parallel und sind damit für eine sehr schnelle Positionsauswertung geeignet.

30

Konkret führt die Feininterpolation in 0,5mm-Schritten gemäß Fig. 2 zur folgenden Ziffernfolge: „0011111111111111“. Dies läßt sich dann so interpretieren, dass ein Südpol (Negativmagnetisierung) entlang des ersten Millimeters (zwei 0,5mm-Schritte) erfasst wird, und ab der Position 1mm erstreckt sich ein Nordpol. Etwa mithilfe eines EEPROM als Festwertspeicher läßt sich eine

35

derartige Feininterpolation einfach und mit geringstem Aufwand in einen Fein-Positionswert für die Position des Null-durchgangs decodieren; bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel liegt diese Position mit einer Auflösung von 0,5mm  
5 vor.

Wird nun das höchstwertige Bit eines betreffenden Feininterpolationswertes (hier: 2mm-Bit) für jeden Sensor ausgewertet, kann damit die Umschaltung zwischen den Sensorkäm-  
10 men erfolgen, also die Auswahl desjenigen Sensors eines Sensorpaares, welchem nunmehr -- zuverlässig -- die betreffende, zugehörige Magnetisierung erfasst wird. Konkret erfolgt dies dadurch, dass das wie beschrieben erzeugte Bitmuster einem 2:1-Multiplexer zugeführt wird, wobei dieser  
15 Multiplexer von dem beschriebenen 2mm-Bit zur Auswahl angesteuert werden kann.

Anhand der Fig. 4 bis 6 soll nunmehr eine praktische Realisierung und Auswertung des vorbeschriebenen Meß- und Positionsbestimmungsprinzips samt Feininterpolation und Umschaltung zwischen einem jeweils benötigten der Sensorpaare beschrieben werden. Dabei entspricht die in den Fig. 4 bis  
20 6 sich horizontal erstreckend schematisch gezeigte Trägereinheit 10 der im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen Kolbenstange, die jeweiligen Magnetisierungsflächen wechseln sich in horizontaler Abfolge, entlang einer durch einen Pfeil 12 markierten positiven Zählrichtung, ab. Der Vereinfachung halber wird für das Beispiel der Fig. 4 bis 6 wiederum eine Grundpolteilung (Breite eines Codierungsabschnitts in Bewegungsrichtung) von 4mm gewählt. Bei einer  
25 herangezogenen 5-Bit Absolutauswertung führt dies zu insgesamt 31 verschiedenen Positionswerten ( $2^n - 1$ ), entsprechend zu einer maximalen Codierungslänge von  $31 \cdot 4 = 124\text{mm}$ . Jedes Bit wird mit zwei Sensoren zur Codeabtastung SCI  
30 abgetastet, so dass, wie in den Fig. 4 bis 6 gezeigt, bei fünf Sensorpaaren insgesamt zehn Code-Abtastsensoren vorhanden sind. Die Fig. 4 verdeutlicht zusätzlich die geometrischen Verhältnisse: Die Sensoren eines jeweiligen Sen-

sorpaares sind bei der gewählten Polteilung von 4mm jeweils 2mm voneinander entfernt; jeweilige Sensorpaare voneinander um 8mm.

- 5 Jedem der Code-Abtastsensoren  $SC_i$  ( $i=0\dots 9$ ) ist, schematisch durch die Einheit 14 verdeutlicht, ein Komparator zugeordnet, welcher feststellt, ob eine anliegende Magnetfeld-Sensorspannung größer oder kleiner 0 Volt ist (entsprechend dem Magnetfeld-Schwellwert von 0 mT). Entsprechend wird ein digitales Signal 1 oder 0 ausgegeben, welches der Komparatoreinheit 14 ausgangsseitig anliegt.

Eine nachgeschaltete Multiplexereinheit 16 empfängt dann eingangsseitig sämtliche Sensorsignale und selektiert jeweils zwischen einem oder dem anderen der Sensorpaare, gesteuert durch eine Auswahlbitleitung 18. Entsprechend wird im dargestellten Ausführungsbeispiel entweder auf die geradzahligen oder die ungeradzahligen der zehn Code-Abtastsensoren umgeschaltet, es ergibt ausgangsseitig des Multiplexers 16 ein eindeutiges 5-Bit-Codewort.

In einer nachgeschalteten Codetabelle 20, typischerweise mittels eines EEPROM realisiert, wird dann das (in der eingangs beschriebenen Weise codierte) Codewort in einen Absolut-Positionswert umgesetzt und in einer nachgeschalteten Verriegelungsschaltung 22 gespeichert; die absolute Positionsauflösung dieses 5-Bit-Wortes beträgt, entsprechend der Polteilung, 4mm.

10 Parallel findet, wie eingangs ebenfalls dargelegt, eine Feininterpolation mittels zusätzlicher Feininterpolationssensoren  $SF_j$  ( $j=0\dots 5$ ) statt, wobei diese Feininterpolationssensoren den Sensoren  $s_0$  bis  $s_5$  in Fig. 2 entsprechen. Der Zweck dieser Feininterpolation ist zum einen, die Auflösung der Absolutposition zu erhöhen, und zum zweiten wird mittels eines Feininterpolationswertes der sechs Sensoren  $SF_j$  eine Ansteuerung der Multiplexereinheit 16 und damit eine Umschaltung zwischen den jeweiligen Code-

Abtastsensoren vorgenommen. Diese Beschaltung wird im weiteren anhand des rechten Bereichs der Fig. 4 bis 6 erläutert.

- 5 Das Ausgangssignal jedes Feininterpolationssensors SF<sub>j</sub> wird von einer Feininterpolations-Komparatoreinheit 24 erfasst und, wie oben bereits im Zusammenhang mit Fig. 2 erläutert, interpolierend ausgewertet. Dies bedeutet, dass auf der Basis der sechs erfassten Sensorsignale, jeweils  
10 Zwischensignale zwischen benachbarten Sensoren mithilfe geeignet eingestellter Widerstände erzeugt werden, dergestalt, dass im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein insgesamt 18-Bit breites Komparatorwort vorliegt, dessen jeweilige Bits entlang einer Sensorspannungskennlinie entsprechend Fig. 2 beschreiben, welche Polarität jeweils unter  
15 einem Feininterpolationssensor vorliegt, entsprechend damit die Schlussfolgerung ermöglicht, an welcher Stelle ein Wechsel der Polarität entlang des Trägers 10 erfolgt.
- 20 Konkret wird, wie durch die der Komparatoreinheit 24 zugeordneten, schematisch angedeuteten Formeln verdeutlicht, auf drei Schritte zwischen zwei Feininterpolationssensoren interpoliert, so dass im Ergebnis das schematisch gezeigte 18-Bit-Wort entsteht und in einer Verriegelungsschaltung 26  
25 gespeichert wird.

- Dieses Signal steht dann einer weiteren Decodierungseinheit 28 an, welche, idealerweise mittels einer EPROM-gespeicherten Tabelle, aus dieser Bitfolge ermittelt, wo (d.h: an  
30 welchem Ort entlang der durch die Interpolation erreichten Auflösung von 0,5mm-Schritten) der erste Polwechsel, mithin der erste Wechsel der Bitfolge von 1 auf 0 bzw. von 0 auf 1, erfolgt. Dieser bestimmt im Rahmen der vorliegenden Erfindung die Feinposition (im Ausführungsbeispiel bedeutet  
35 dies, dass, bei Polwechsel nach dem ersten Bit, die Feinposition 0mm wäre, nach dem zweiten Bit 0,5mm, nach dem dritten Bit 1mm usw.). Die Feininterpolation ist mit 4mm periodisch.

Entsprechend erzeugt die Decodierungseinheit 28 als 3-Bit-breites Ausgangs-Positionssignal damit die Feinposition innerhalb der 5-Bit-Absolutposition, welche ja die 4mm-Auflösung ermöglicht. Gleichzeitig wird, wie durch die Auswahlbitleitung 18 in den Fig. 4 bis 6 verdeutlicht, dass 2mm-Bit der Feinposition (als Ergebnis der Decodereinheit 28) verwendet, um die Multiplexereinheit 16 in den Umschaltbetrieb zwischen den Paaren der Code-Abtastsensoren umzuschalten.

Angesteuert wird die -- ohne einen Mikroprozessor realisierbare -- Einheit der Fig. 4 bis 6 durch einen Taktgenerator 30, welcher, vergleiche die Verzögerungsschaltung 32, zunächst die Verriegelungsschaltung 26 mit dem Taktsignal T versieht, so dass das Bitsignal der Komparatoreinheit 24 erfasst werden kann, und daraufhin dann für die Verriegelungseinheit 22 den Ausgabetakt/T für das 0,5mm-aufgelöste 8-Bit-Gesamtpositionssignal bereitstellt.

Anhand eines Vergleiches der Fig. 4 bis 6 soll verdeutlicht werden, wie die Umschaltung bzw. die Positionsausgabe absolut funktioniert: Wie der Fig. 4 zu entnehmen ist, stehen insbesondere die Code-Abtastsensoren SC2 und SC0 an Übergangspositionen zwischen Polaritäten der Trägereinheit 10; dies ist verdeutlicht durch das Symbol "?" der zugehörigen Komparator-Ausgangsleitung der Einheit 14. Entsprechend wäre es sinnvoll und notwendig, für eine eindeutige Absolut-Positionserfassung die ungerade nummerierten Code-Abtastsensoren SCi auszuwählen (entsprechend der Schalterstellung in der Multiplexereinheit 16 von Fig.4).

Dieses Umschaltsignal wird erzeugt, indem mittels der Interpolations-Komparatoreinheit 24, nachgeschaltet den Feininterpolationssensoren SF0 bis SF5, erkannt wird, dass der Ort der ersten Bitfolge von 0 auf 1 bzw. von 1 auf 0 nach dem dritten Bit der 18-Bit-Folge in der Verriegelungseinheit 26 erfolgt (wie in der Fig. 4 erkennbar ist, liegt



dieser Wechsel zwischen den Feininterpolationssensoren SF0 und SF1). Die Einheit 28 interpretiert den Polaritätswechsel nach dem dritten Bit als Feinposition "1mm" und gibt entsprechend das (mit 4mm periodische) Feinpositionssignal  
5 "010" aus. Das höchstwertige Bit (MSB) dieses Signals liegt auf der Auswahlbitleitung 18 und steuert entsprechend den Multiplexer 16 so, dass die ungeraden Code-Abtastsensoren SC1, SC3, SC5... ausgewählt werden. Eindeutig liegt damit das 5-Bit-Codewort "10100" an der Codetabelle 20 an und  
10 wird in eine Absolutposition von "00011" umgesetzt. Kombiniert mit dem 3-Bit-Feinpositionswert entsteht so das in Fig. 4 gezeigte, 0,5mm auflösende Absolut-Positionssignal.

Dem gegenüber ist in Fig. 5 der Sensorkopf (und mithin  
15 sämtliche Abtastsensoren) um ca. 2mm in Fahrtrichtung 12 nach links verschoben. Dieser Abstand liegt nach wie vor im Bereich der 4mm-Auflösung der 5-Bit-Positionserfassung, mithin sollte das durch die Code-Abtastsensoren SCi erfasste Codewort identisch sein. Wie jedoch die Fig. 5 ver-  
20 deutlicht, liegen in der gezeigten Sensorkopfposition die Code-Abtastsensoren SC1, SC3, SC5, SC7, SC9 jeweils im kritischen Übergangsbereich zwischen zwei Polen, so dass eine unexakte Sensorerfassung erfolgt. Entsprechend ist es bei der Realisierungsform der Fig. 5 erforderlich, zur Absolut-  
25 Positionserfassung die geradzahligen Sensoren SC0, SC2... auszuwerten.

Dieses Steuersignal wird wiederum durch die Feininterpolationssensoren SFj erzeugt, welche entsprechend verschoben  
30 worden sind. Das interpolierte Bitmuster in der Verriegelungsschaltung 26 verdeutlicht, dass hier nunmehr der Ort des ersten Wechsels der Bitfolge von 1 auf 0 nach dem siebten Bit erfolgt, entsprechend einem Fein-Positionswert von 3mm (Bit-Ausgangssignal der Decodiereinheit 28: "110"). Ent-  
5 sprechend ist hier das 2mm-Bit als MSB gesetzt und steuert die Multiplexereinheit 16 so an, dass diese die geradzahlig indizierten Code-Abtastsensoren SCi auswählt.

Im Absolut-Positionssignal äussert sich damit die 2mm-Verschiebung lediglich im 2mm-Bit der niedrigwertigsten 3-Bit-Feinposition.

5 Die Fig. 6 verdeutlicht eine weitere Verschiebung des Sensorkopfes mit sämtlichen Sensoren entlang Pfeilrichtung 12, nochmals um 2mm gegenüber der Darstellung der Fig. 5. Der mit 4mm-Auflösung erfasste Absolut-Positionswert aus den Code-Abtastsensoren SCi erbringt das Codewort "00100", ge-  
10 neriert aus dem Komparatorsignal "01011", wobei, bei Wechsel der Feininterpolations-Bitfolge der Verriegelungseinheit 26 nach dem dritten Bit (entsprechend 1mm Feinposition), das 2mm-Bit des Feinpositionssignals (010) wiederum die ungeraden der mittels Komparatoreinheit 14 ausgewerte-  
15 ten Code-Abtastsensoren SCi auswählt. Entsprechend entsteht das gegenüber der Fig. 5 um 2mm, gegenüber Fig. 4 um 4mm verschobene 8-Bit-Absolutpositionssignal (0,5mm aufgelöst), wie im unteren Bereich von Fig. 6 erkennbar.

20 Aufgrund der hohen Arbeitsgeschwindigkeit der beschriebenen, einfachen Hardwarelösung kann ein benötigter Synchrontakt mehrere 100kHz betragen; dementsprechend wäre bereits nach einem Taktzyklus (<10ns) der betreffende Positionswert aktualisiert.

25 Auf die beschriebene Weise kann damit nicht nur mit sehr preiswerten Bauelementen (es ist bei den Fig. 4 bis 6 gezeigten Ausführungsformen kein Microcontroller erforderlich) ein Positionserfassungssystem aufgebaut wer-  
0 den; auch sind durch die hohe Taktrate hohe Verfahrensgeschwindigkeiten (16m/s und höher) möglich; die Meßrate ist praktisch nur von der Geschwindigkeit der Schnittstelle abhängig. Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel ist eine Auflösung von 0,5mm realisierbar.

5 Im weiteren wird eine bevorzugte Weiterbildung der vorliegenden Erfindung beschrieben.

Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird das vorstehend beschriebene Längenmeßsystem ergänzend mit einem hochauflösenden magnetischen Sensor, sogenannten MR-Winkelsensor (z.B. dem Typ LK28 der Fa. IMO) kombiniert.

5 Die erfindungsgemäße Codierung bewirkt einen Magnetisierungsverlauf entlang der Trägereinheit, welcher sich aus annähernd sinusförmigen Halbwellen zusammensetzt, wobei, je nach der Abfolge der Magnetisierungen, diese  
10 Halbwellen jeweils die Länge  $p$  oder  $2 \cdot p$  aufweisen (längere Abschnitte derselben Polarität sind aus den eingangs erwähnten Gründen nicht möglich). Werden nunmehr derartige Halbwellen mit einem hochauflösenden Magnetfeldsensor, etwa dem weiterbildungsgemäß vorgesehenen MR-Winkelsensor, abge-  
5 tastet und daraufhin dann die Sensorspannung mittels einer Arcus-Tangens-Funktion ausgewertet, entsteht ein Wert, welcher jeweils innerhalb eines Poles wegproportional ist; ein entsprechendes Signal-Wegdiagramm zeigt die Fig. 3 als Ergebnis einer derartigen Arcus-Tangens-Funktionsauswertung  
0 eines periodischen (idealerweise sinusförmigen) Magnetisierungsverlauf. Konkret zeigt die Fig. 3 die Sensorspannungen eines LK28-MR-Winkelsensors, welcher sich bei Abtastung der codierten Trägereinheit mit  $p=4\text{mm}$  längs der Verfahrrichtung ergibt, Arcus-Tangens-interpoliert und  
5 so normiert wurde, dass die Minimalwerte bei 0mm und die Maximalwerte bei 4mm liegen.

Wie sich unmittelbar aus der Signalformdarstellung der Fig. 3 ergibt, welche im linken Bereich einen 8mm breiten Pol,  
10 im rechten Bereich einen 4mm breiten Pol zeigt, muss noch die Information für die verschieden breiten Pole unterschieden werden.

Konkret wird dies (durch geeignete Programmierung einer  
; Controllereinheit) so gelöst, dass wenn sich der MR-Sensor über einem 4mm-Pol befindet, der interpolierte Positionswert als hochauflösende Positionsinformation direkt übernommen wird. Wenn dagegen der MR-Sensor über

einem 8mm-Pol steht, wird die hochauflösende Positionsinformation ermittelt durch Multiplikation des interpolierten Wertes mit 2, und ggf. Subtraktion des Maximalwertes, wenn der sich ergebende Wert größer als der  
5 Maximalwert ist.

Entsprechend ergibt sich aus dieser Berechnungsvorschrift dann eine periodische hochauflösende Positionsinformation, wie sie i.Ü. auch aus der sogenannten Inkrementalspur eines  
10 herkömmlichen Zweispursystems erhältlich ist.

Dabei bietet es sich an, die Information, ob der MR-Sensor sich über einem schmalen (hier: 4mm) oder über einem doppelten (8mm) Pol befindet, in einer Decodiertabelle  
15 abzulegen, wobei, vergleiche die Darstellung oben, dann zuerst das Positions-Codewort ermittelt wird und über die durch das Codewort angegebene Adresse der Decodiertabelle sowohl die Absolutposition, als auch die Anordnung der Pole unter der momentanen Position des MR-Sensors ausgelesen  
20 werden kann.

Eine (notwendige) Synchronisation zwischen der schrittweise interpolierten Absolutposition und der innerhalb einer Teilung periodischen hochauflösenden Position ist  
25 problemlos, da, wie oben dargelegt, die Absolutposition etwa mit einer Auflösung von 0,5mm ohnehin zur Verfügung steht.

Mittels eines geeignet konfigurierten Mikrocontrollers kann  
30 die Berechnung dann der hochauflösenden Gesamtposition vergleichsweise schnell und einfach durchgeführt werden, da nur wenige einfache Operationen (Vergleiche, Bitschiebungen, Additionen und Subtraktionen) notwendig sind. Insbesondere wird die mögliche Verfahrensgeschwindigkeit  
35 nicht beeinträchtigt, wenn man einen Interpolatorchip mit paralleler Ausgabe des Positionswertes benutzt und den hochauflösenden Positionswert zeitgleich mit der absoluten

Position durch den Sychrontakt gesteuert zwischen-  
speichert.

Die Fig. 7 verdeutlicht anhand eines gegenüber dem  
5 Ausführungsbeispiel der Fig. 4 bis 6 modifizierten  
Blockschaltbild die Weiterbildungsmöglichkeit der Erfindung  
mittels einer weiteren Interpolation für eine  
hochauflösende Positionsbestimmung.

0 Genauer gesagt ist der Anordnung, wie sie anhand der Fig. 4  
bis 6 beschrieben wurde, ein weiterer hochauflösender MR-  
Sensor 40 zugeordnet, dessen Ausgangssignal in Sinus- und  
Kosinuskomponente einer Interpolationseinheit 42 zugeführt  
wird. Hier erfolgt, wie im Zusammenhang mit der Fig. 3  
5 diskutiert, eine hochauflösende Positionserfassung  
innerhalb der vorgegebenen Polteilung, z.B. 4 Bit wie  
angegeben. Konkret würde, etwa im Fall einer 7-Bit-  
Interpolation, damit eine Auflösung von 31,25 Mikrometern  
( $4\text{mm}/2^7$ ) bzw.  $62,5\text{ }\mu\text{m}$  für einen 8mm-Pol erreichbar sein.

10 Bei einem derartigen, hochauflösenden System ist jedoch ein  
Mikrocontroller 44 zur Synchronisation der Magnetfeld-Hall-  
und MR-Positionsinformation notwendig, auch zur Anpassung  
der MR-Positionsinformation an die Pollänge.

15 Wie in der Fig. 7 gezeigt, wird auch das hochauflösende  
Positionssignal der Interpolationseinheit 42 (Periode 4mm  
bzw. 8mm) in einer zugehörigen Verriegelungseinheit 46  
gespeichert und dann, wie auch die weiteren Signale der  
20 Verriegelungseinheit 22 für die Absolut-Positionsdaten mit  
0,5mm Auflösung, dem Controller 44 zugeleitet. Zusätzlich  
erhält der Controller über eine Verriegelungseinheit 48  
Daten betreffend die Pollänge an der Stelle des MR-Sensors  
(etwa aus der Codetabelle 20), und die Controllereinheit 44  
25 nimmt zusätzlich die oben im Zusammenhang mit der Fig. 3  
diskutierte Entzerrung entlang der nicht-linearen Kennlinie  
des MR-Sensors vor.

Letztendlich liegt dann auf einer ausgangsseitigen Schnittstelle 50 das hochauflösende, absolute Positionssignal.

- 5 Kritisch ist es, die Messung mittels der Interpolationseinheit 42 bzw. des MR-Sensors 40 mit der Absolutposition der Einheit 22 zu synchronisieren, insbesondere im Hinblick auf einen möglichen vorauslaufenden bzw. hinterherlaufenden MR-Positionswert.
- 10 Auch dies wird von der Controllereinheit 44 gelöst, wobei insbesondere die erläuterte Feininterpolation (3-Bit-Positionssignal, 0,5mm Auflösung) der Controllereinheit 44 die Basis bietet, das Ergebnis der hochauflösenden Positionsbestimmung gemäß Verriegelungseinheit 46 eindeutig
- 15 einer 4mm-Absolutposition zuzuordnen.

Im Ergebnis entsteht so eine hochleistungsfähige Absolut-Positionsbestimmung, welche die Hardware-technische Einfachheit des erfindungsgemäßen Absolut-

20 Positionsbestimmungsprinzips (Fig. 4 bis Fig. 6) mit den technischen Möglichkeiten einer MR-Positionserfassung kombiniert.

Die auf realistische Meßwerten basierende Darstellung der

25 Fig. 3 verdeutlicht Verzerrungen der Kennlinie des durch Interpolation gewonnenen Positionswertes, basierend auf eine nicht-idealen sinusförmigen Magnetisierungsverlauf. Eine dadurch bewirkte Ungenauigkeit kann durch eine numerische Lösung, insbesondere mithilfe einer

30 Entzerrungstabelle, deutlich verbessert werden, wobei prinzipiell eine derartige Entzerrungstabelle für einen 4mm- bzw. 8mm-Pol (im obigen Ausführungsbeispiel) ausreichen würde. In der Praxis hat sich herausgestellt, dass nämlich die Verzerrungen von Polen gleicher Länge an

35 allen Stellen der Codierung stark ähnlich sind. In der praktischen Realisierung lassen sich damit Auflösungen einer Genauigkeit und Größenordnung von 50 Mikrometern erzielen.

Im bevorzugter Weiterbildung der vorliegenden Erfindung bietet es sich an, die beschriebene Codierung, welche ja in der beschriebenen Weise einen Positionscode und, über die Codierung, auch ein Taktsignal beinhaltet, zur Realisierung eines einspurigen autoreferenzierenden Systems einzusetzen. Zu diesem Zweck muß immer mindestens ein Nulldurchgang detektiert werden, wie es etwa durch das im Zusammenhang mit der Abb. 2 aus sechs Sensoren realisierte System möglich wird. In dieser Realisierung spannen die sechs Hall-Sensoren mit Sensorabstand 2mm eine Gesamtlänge von 10mm auf und ermöglichen damit einen schlanken, kurzen Sensorkopf; das entsprechende System wäre damit gut kurvengängig.

15 Gemäß einer alternativen Realisierung der Erfindung zur Längenmessung entlang einer Kurve zeigt die Fig. 9 eine schematische Darstellung mit einer ringförmig geschlossenen Magnetisierung 80, welcher ein kreisbogenförmig gekrümmter Lesekopf 82 (zum Erfassen von vier Bit-Worten entlang der im Beispiel aus 16 magnetisierten Codierungsabschnitten gebildeten) Trägereinheit 80 gegenübersteht. Die Tabelle der schematischen Darstellung in Fig. 9 verdeutlicht entsprechend die 16 codierten Winkel-Einzelpositionen.

25 In entsprechend generalisierter Form würde bei dieser Realisierungsform der Erfindung zum Erhalten einer bestimmten vorgegebenen Codelänge wie folgt vorgegangen werden: Der Grad der zu erzeugenden Codierung wird so gewählt, dass  $2^\circ$  größer als die gewünschte Länge ist. Entsprechend der gewünschten Länge als ganzzahliges Vielfaches der Pollänge wird dann ein Abschnitt des Codes gewählt, und die Enden werden zu der geschlossenen Bahnkurve zusammengefügt.

35 Die Fig. 8 verdeutlicht eine alternative Realisierung der Trägereinheit in Fig. 1. Hier ist nicht, wie in Fig. 1, eine langgestreckte, metallische Trägereinheit

abschnittsweise mit der gewünschten Längencodierung magnetisiert, vielmehr wird die Längencodierung dadurch erzeugt, dass eine langgestreckte (metallische) Hülse 70 im Inneren eine Mehrzahl (einem jeweiligen Codierungsabschnitt entsprechender) Einzelmagnete 72 aufweist, welche dann das Codierungsgesamtmuster ausbilden. Im Gegensatz zur Realisierungsform gemäß Fig. 1 lässt sich so eine einfachere und hinsichtlich der Magnetisierungsabschnitte trennschärfere Realisierung des Gesamtaufbaues erreichen.

10

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die beschriebene Ausführungsform, insbesondere die darin verwendeten Sensortypen und Auswertmechanismen, beschränkt; insbesondere sind, je nach Anwendungsfall, geeignete andere Magnetfeldsensoren und -auswertprinzipien möglich, solange in der erfindungsgemäßen Weise die Codierung erfolgt.

15



Patentansprüche

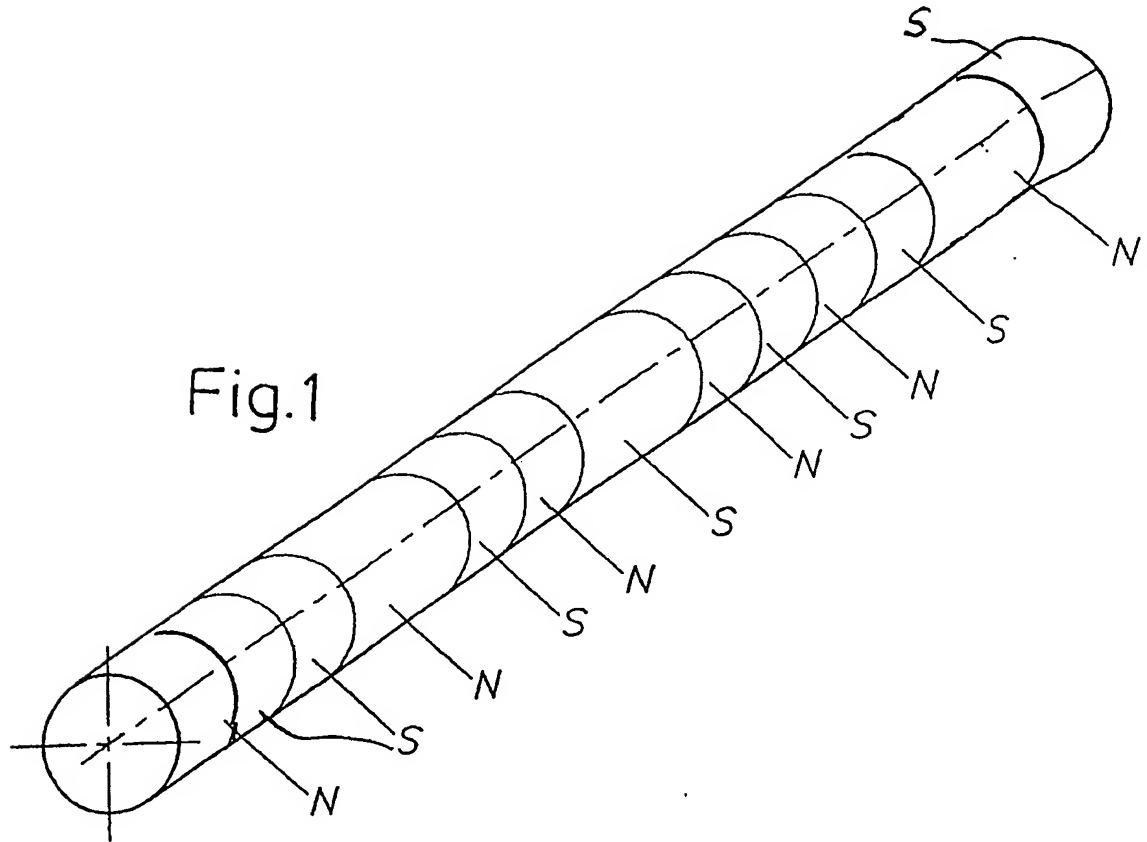
1. Vorrichtung zur Positions- und/oder Längenbestimmung  
mit einer absoluten magnetischen Längencodierung  
aufweisenden Trägereinheit und einer mit der  
Trägereinheit zusammenwirkenden, relativ zu dieser be-  
wegbar vorgesehenen Messeinheit, die eine magnetische  
Sensoreinheit (Sci, Sfi) aufweist und mit einer dieser  
nachgeschalteten elektronischen Auswerteeinheit (18  
bis 32) verbindbar ist,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die langgestreckt und stangenförmig ausgebildete  
Trägereinheit (10) einspurig mit der bevorzugt radial  
magnetisierten Längencodierung versehen ist,  
entlang der Längencodierung eine Mehrzahl von Codie-  
rungsabschnitten mit einer regelmäßigen Polteilung  
vorgesehen ist  
und Codierungsabschnitte einer ersten Polarität mit  
Codierungsabschnitten einer zweiten Polarität so ab-  
wechselnd entlang der Trägereinheit angeordnet sind,  
dass maximal zwei Codierungsabschnitte derselben Pola-  
rität einander unmittelbar benachbart auftreten.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Längencodierung als Binärcodierung auf der  
Basis einer binären Pseudozufallsfolge einer vorbe-  
stimmten Wortlänge erzeugt ist, wobei hinter jedem Bit  
der Pseudozufallsfolge ein im Wert demgegenüber inver-  
tiertes Bit eingefügt ist, so dass die Längencodierung  
eine gegenüber der Pseudozufallsfolge doppelte Länge  
aufweist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-  
zeichnet, dass die magnetische Sensoreinheit so ausge-  
bildet ist, dass sie eine jeweilige Polarität einer  
Mehrzahl von Codierungsabschnitten erfassen kann, die

jeweils um einen Abstand der doppelten kleinsten Polteilung voneinander beabstandet sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,  
5       zeichnet, dass die Mehrzahl von Codierungsabschnitten der Wortlänge plus 1 einer binären Pseudozufallsfolge als Basis für die Längencodierung entspricht.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch  
10       gekennzeichnet, dass einem der kleinsten Polteilung entsprechenden Codierungsabschnitt eine Mehrzahl von Abtastsensoren der magnetischen Sensoreinheit zugeordnet ist, wobei Auswahlmittel zum selektiven Auswählen  
15       eines der Mehrzahl von Abtastsensoren zur Auswertung durch die elektronische Auswerteeinheit vorgesehen sind, die zur Erfassung eines Übergangs zwischen der ersten und der zweiten Polarität zwischen zwei benachbarten Codierungsabschnitten ausgebildet sind.
- 20   6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswahlmittel mindestens fünf Interpolationssensoren (Sfi) aufweisen, die in regelmäßigen Abständen voneinander so angeordnet sind, dass der Abstand zwischen einem ersten und einem letzten der  
25       Abfolge von Interpolationssensoren mehr als das zweifache der Polteilung beträgt.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch Mittel zur Fein-Positionsbestimmung innerhalb eines Codierungsabschnittes bzw. einer Polteilung,  
30       die zum Erfassen eines Verlaufs der Magnetisierung entlang des Codierungsabschnittes in Längsrichtung der Längencodierung und zum Ermitteln eines wegproportionalen Interpolationssignals daraus ausgebildet sind.  
35

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Fein-Positionsbestimmung als mit der magnetischen Sensoreinheit und darin vorgesehenen Abtastsensoren zusammenwirkender MR-Sensor realisiert sind, der aus dem Magnetisierungsverlauf das Interpolationssignal ermittelt.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass den Mitteln zur Fein-Positionsbestimmung Korrekturmittel zugeordnet sind, die zum Entzerren bzw. Kompensieren von Ausgangssignalen der Mittel zur Fein-Positionsbestimmung relativ zu einem idealisierten und/oder vorbestimmten Verlauf entlang des Codierungsabschnittes ausgebildet sind.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägereinheit (10) ein bevorzugt metallisches, langgestrecktes Hülselement (70) aufweist, in welchem eine Mehrzahl von Einzelmagneten (72) gehalten sind, deren Abmessungen in axialer Richtung des Hülselementes der Polteilung entsprechen.
11. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10 in einem autoreferenziellen System zur Längenmessung, insbesondere zur Verwendung in einer Werkzeugmaschine oder einer fördertechnischen Anlage.
12. Vorrichtung zur Positions- und/oder Längenbestimmung mit einer absolute magnetische Längencodierung aufweisenden Trägereinheit und einer mit der Trägereinheit zusammenwirkenden, relativ zu dieser bewegbar vorgesehenen Messeinheit, die eine magnetische Sensoreinheit (SCi, SFi) aufweist und mit einer dieser nachgeschalteten elektronischen Auswerteeinheit (18 bis 32) verbindbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägereinheit die magnetische Längencodierung als bevorzugt kreisförmig geschlossene Bahnkurve aufweist,

5 und entlang der Längencodierung eine Mehrzahl von Codierungsabschnitten mit einer regelmäßigen Polteilung vorgesehen ist und Codierungsabschnitte einer ersten Polarität mit Codierungsabschnitten einer zweiten Polarität so abwechselnd entlang der Trägereinheit angeordnet sind, dass maximal zwei Codierungsabschnitte derselben Polarität einander unmittelbar benachbart auftreten.



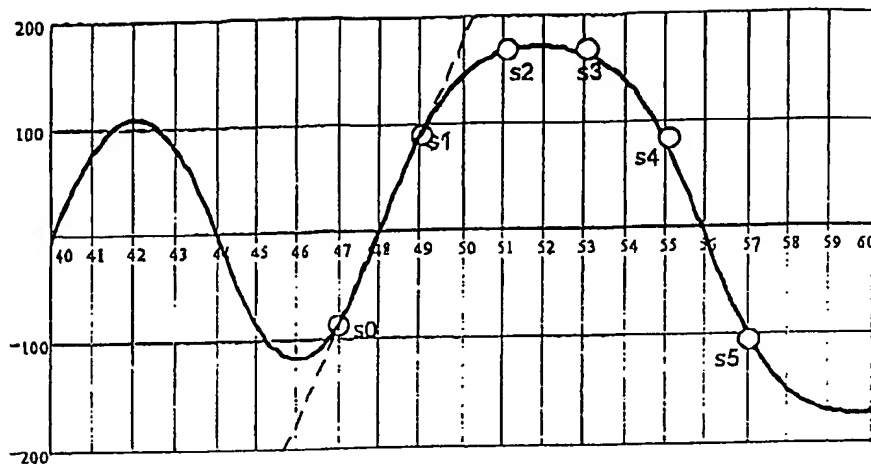


Fig. 2

$$U_0(s_0) = -86.173819123 \text{ mV}$$

$$U_0(s_1) = 90.53382374 \text{ mV}$$

$$U(s_0) > 0 \quad \rightarrow 0$$

$$U(s_0) + 1/3 \cdot U(s_1) > 0 \quad \rightarrow 0$$

$$U(s_0) + U(s_1) > 0 \quad \rightarrow 1$$

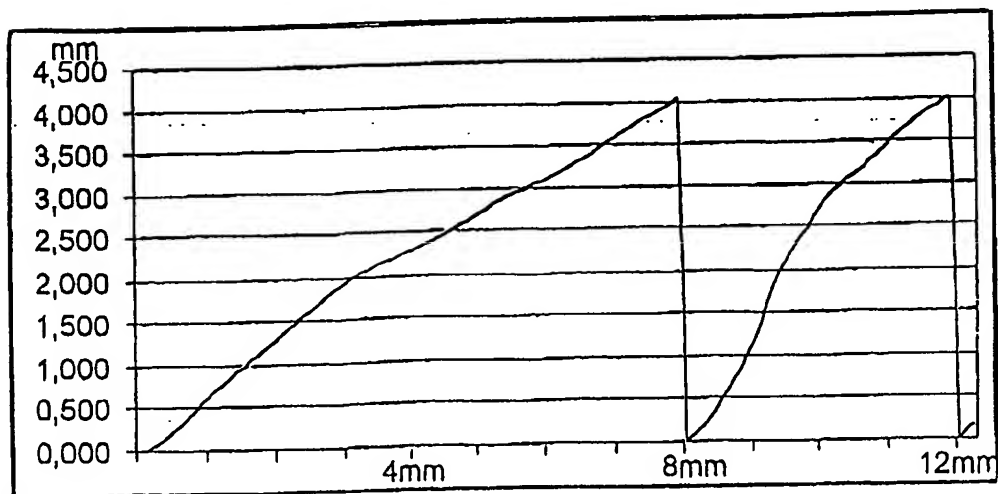
$$1/3 \cdot U(s_0) + U(s_1) > 0 \quad \rightarrow 1$$

$$U(s_1) > 0 \quad \rightarrow 1$$

u.s.w. ... bis:

$$U(s_4) + 1/3 \cdot U(s_5) > 0 \quad \rightarrow 1$$

Fig. 3



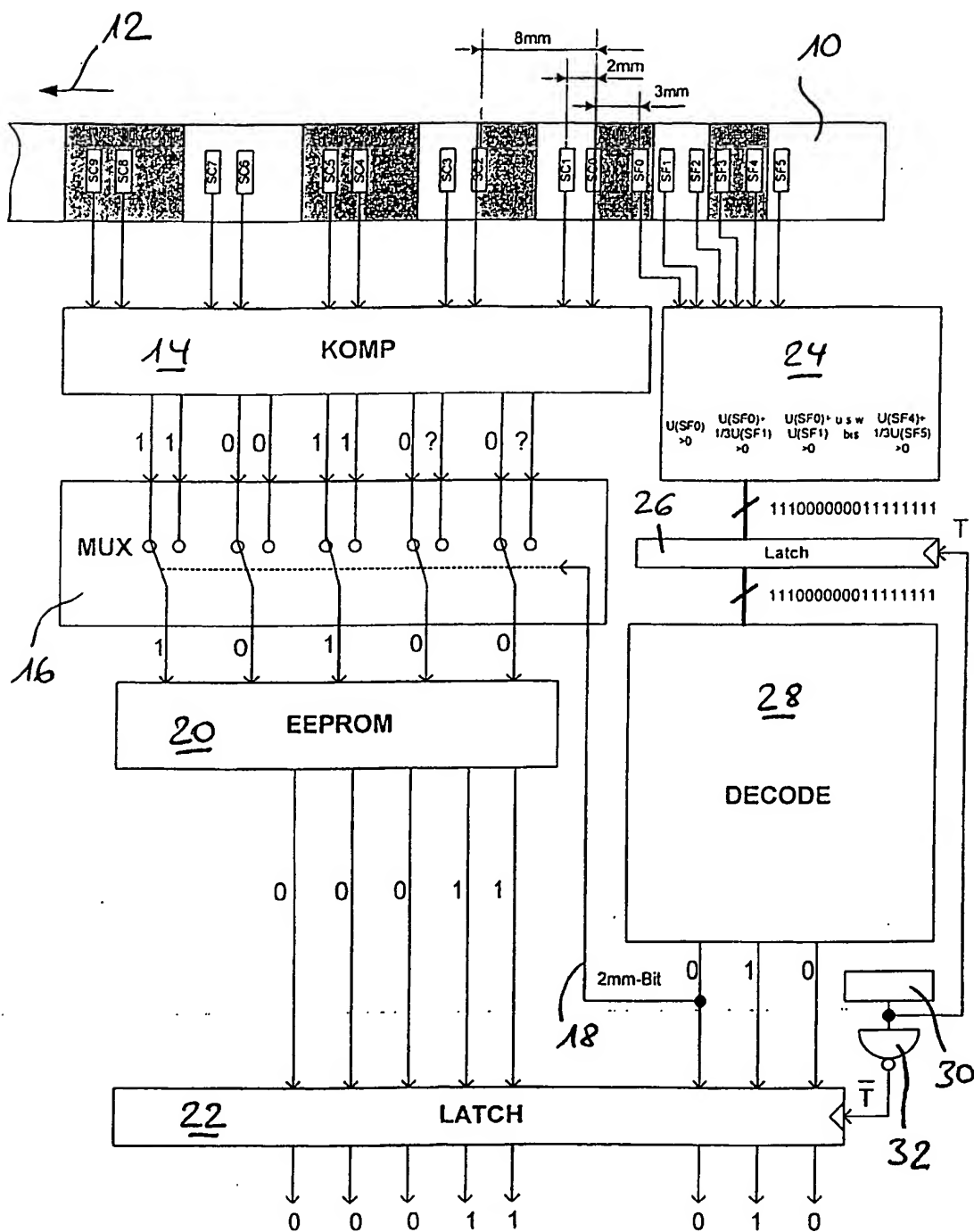


Fig. 4

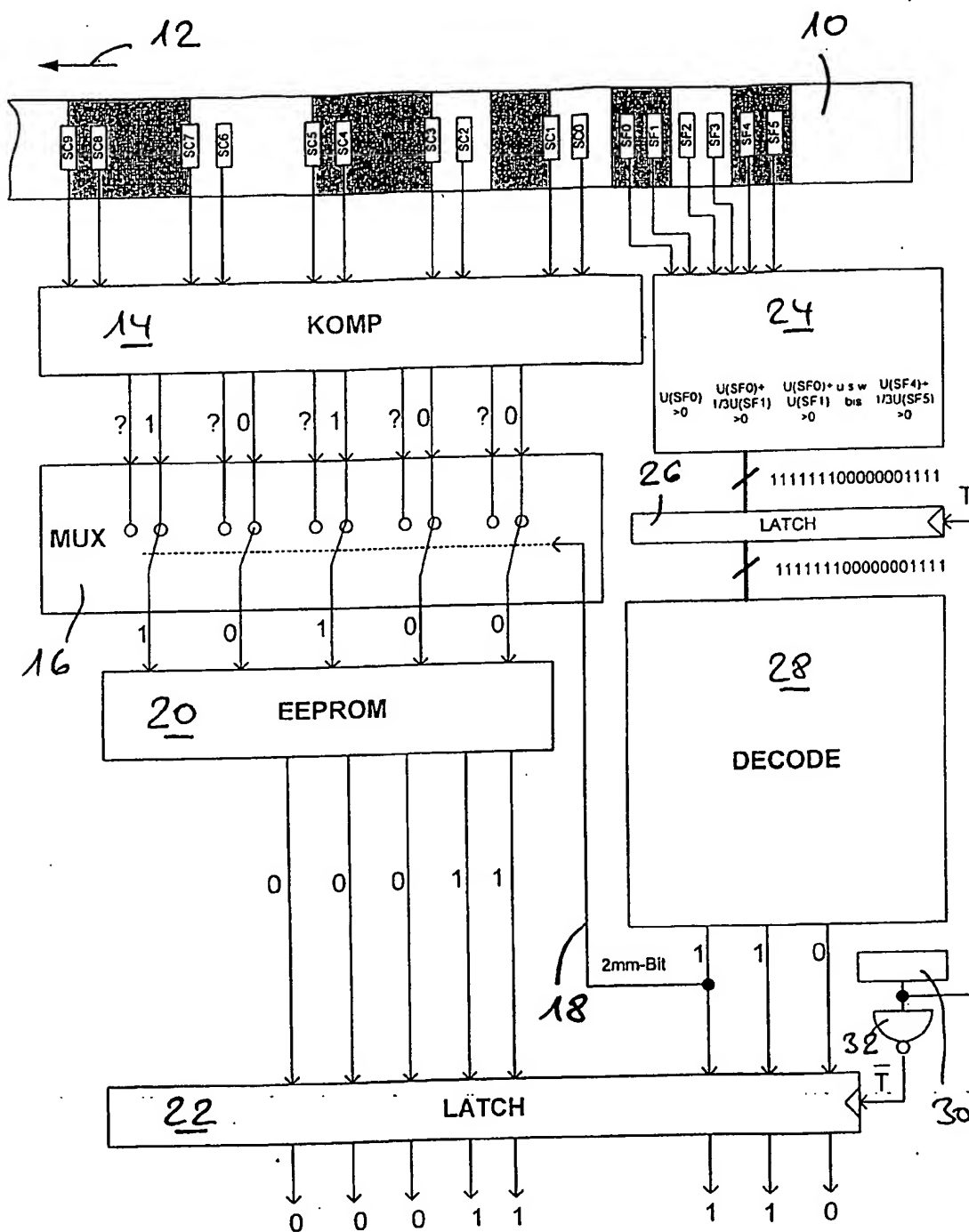


Fig. 5



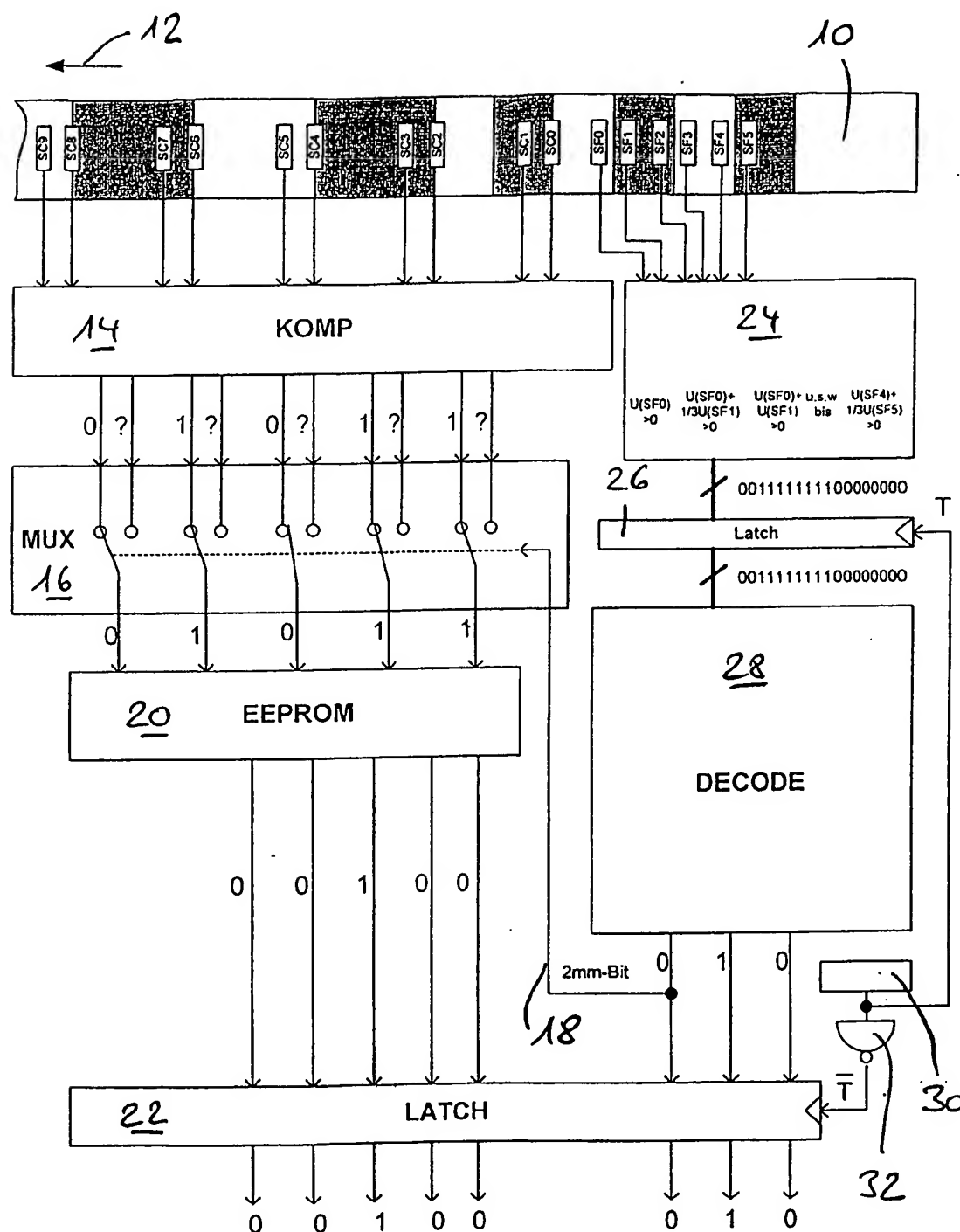
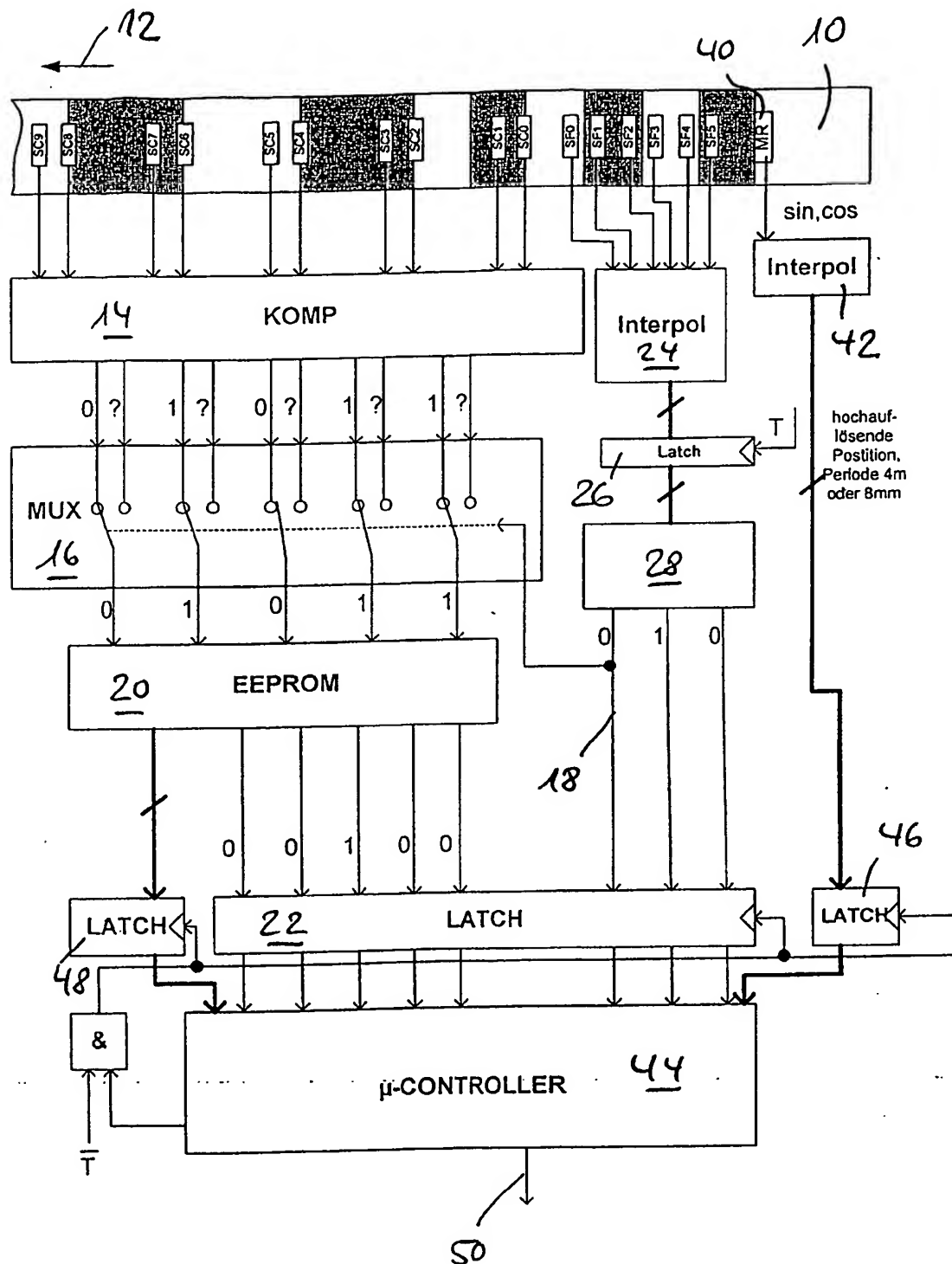


Fig. 6



**Fig. 7**

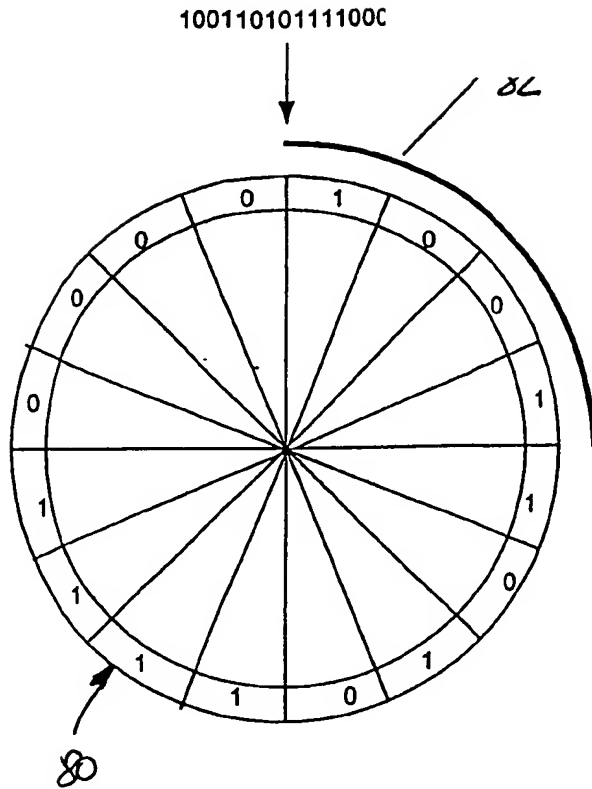


Fig.9

code	position
1001	0
0011	1
0110	2
1101	3
1010	4
0101	5
1011	6
0111	7
1111	8
1110	9
1100	10
1000	11
0000	12
0001	13
0010	14
0100	15

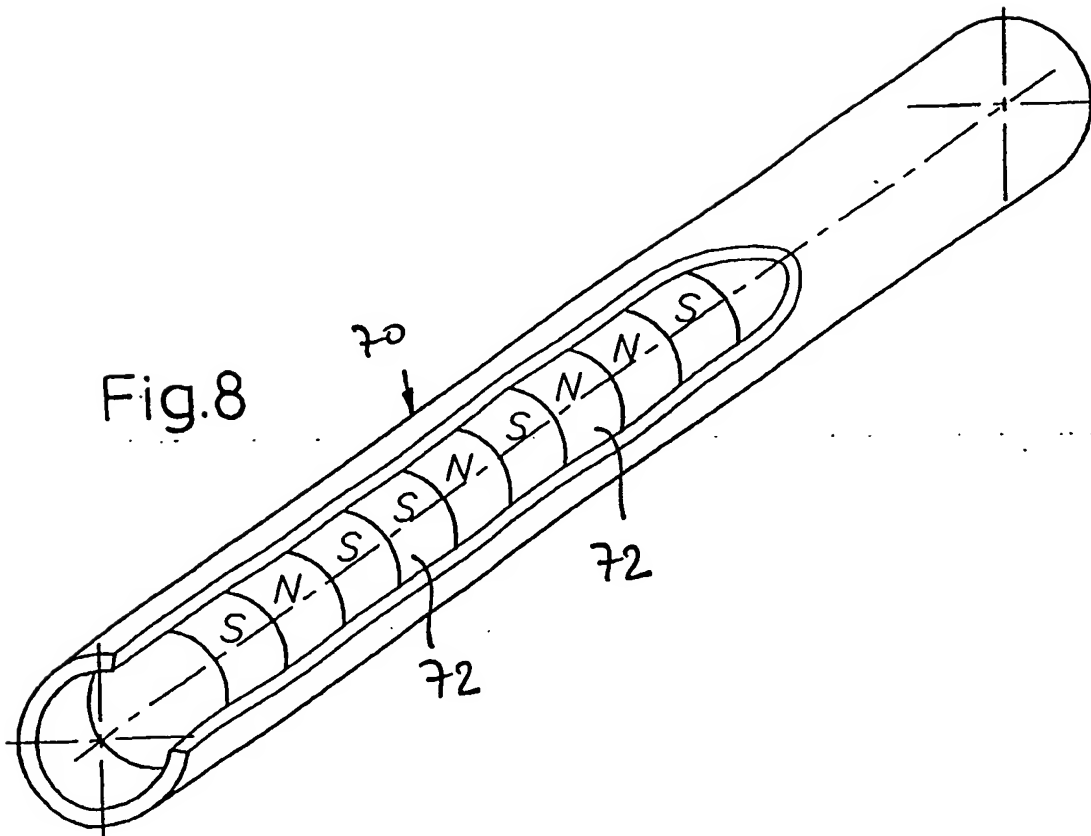


Fig.8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 03/08419

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01D5/249

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01D B07C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 2 126 444 A (ROSEMOUNT ENG CO LTD) 21 March 1984 (1984-03-21) page 4, line 95 -page 5, line 28 page 7, line 96 - line 110; figures ---	1,2,5,6, 11
X	EP 0 378 351 A (SCHLUMBERGER IND LTD) 18 July 1990 (1990-07-18) page 11, line 8 -page 12, line 58; figures --- -/--	1-8,11, 12

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 November 2003

Date of mailing of the international search report

04/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ramboer, P

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 03/08419

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	STEVENSON J T M ET AL: "ABSOLUTE POSITION MEASUREMENT USING OPTICAL DETECTION OF CODED PATTERNS" JOURNAL OF PHYSICS E. SCIENTIFIC INSTRUMENTS, IOP PUBLISHING, BRISTOL, GB, vol. 21, no. 12, 1 December 1988 (1988-12-01), pages 1140-1145, XP000004076 ISSN: 0022-3735 the whole document	1-8
A	--- "SCANNING METHOD FOR ABSOLUTE PSEUDORANDOM POSITION ENCODERS" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 24, no. 19, 15 September 1988 (1988-09-15), pages 1236-1237, XP000029394 ISSN: 0013-5194 the whole document	1,5,6,11
A	--- DE 43 09 863 C (STAHL R FOERDERTECH GMBH) 9 June 1994 (1994-06-09) the whole document	1,3,5,6
A	--- US 4 581 525 A (HORSTMANN FRANK R) 8 April 1986 (1986-04-08) abstract; figures	10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/EP 03/08419

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2126444	A	21-03-1984	BR 8307497 A	14-08-1984
			DE 3377669 D1	15-09-1988
			EP 0116636 A1	29-08-1984
			WO 8401027 A1	15-03-1984
			JP 6100479 B	12-12-1994
			JP 59501725 T	11-10-1984
			US 4631519 A	23-12-1986
EP 0378351	A	18-07-1990	GB 2228842 A	05-09-1990
			CA 2007221 A1	09-07-1990
			EP 0378351 A2	18-07-1990
			JP 2245615 A	01-10-1990
			US 5171983 A	15-12-1992
DE 4309863	C	09-06-1994	DE 4309863 C1	09-06-1994
US 4581525	A	08-04-1986	DE 3226939 A1	19-01-1984
			DE 3308603 A1	13-09-1984
			DE 3312949 A1	31-10-1984
			AT 32033 T	15-02-1988
			DE 3375377 D1	25-02-1988
			EP 0100896 A2	22-02-1984
			JP 59165192 A	18-09-1984

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PC1/EP 03/08419

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G01D5/249

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01D B07C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 2 126 444 A (ROSEMOUNT ENG CO LTD) 21. März 1984 (1984-03-21) Seite 4, Zeile 95 -Seite 5, Zeile 28 Seite 7, Zeile 96 - Zeile 110; Abbildungen	1,2,5,6, 11
X	EP 0 378 351 A (SCHLUMBERGER IND LTD) 18. Juli 1990 (1990-07-18) Seite 11, Zeile 8 -Seite 12, Zeile 58; Abbildungen	1-8,11, 12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. November 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/12/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3018

Bevollmächtigter Bediensteter

Ramboer, P

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	STEVENSON J T M ET AL: "ABSOLUTE POSITION MEASUREMENT USING OPTICAL DETECTION OF CODED PATTERNS" JOURNAL OF PHYSICS E. SCIENTIFIC INSTRUMENTS, IOP PUBLISHING, BRISTOL, GB, Bd. 21, Nr. 12, 1. Dezember 1988 (1988-12-01), Seiten 1140-1145, XP000004076 ISSN: 0022-3735 das ganze Dokument	1-8
A	"SCANNING METHOD FOR ABSOLUTE PSEUDORANDOM POSITION ENCODERS" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, Bd. 24, Nr. 19, 15. September 1988 (1988-09-15), Seiten 1236-1237, XP000029394 ISSN: 0013-5194 das ganze Dokument	1,5,6,11
A	DE 43 09 863 C (STAHL R FOERDERTECH GMBH) 9. Juni 1994 (1994-06-09) das ganze Dokument	1,3,5,6
A	US 4 581 525 A (HORSTMANN FRANK R) 8. April 1986 (1986-04-08) Zusammenfassung; Abbildungen	10



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/08419

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 2126444	A	21-03-1984	BR 8307497 A	14-08-1984
			DE 3377669 D1	15-09-1988
			EP 0116636 A1	29-08-1984
			WO 8401027 A1	15-03-1984
			JP 6100479 B	12-12-1994
			JP 59501725 T	11-10-1984
			US 4631519 A	23-12-1986
EP 0378351	A	18-07-1990	GB 2228842 A	05-09-1990
			CA 2007221 A1	09-07-1990
			EP 0378351 A2	18-07-1990
			JP 2245615 A	01-10-1990
			US 5171983 A	15-12-1992
DE 4309863	C	09-06-1994	DE 4309863 C1	09-06-1994
US 4581525	A	08-04-1986	DE 3226939 A1	19-01-1984
			DE 3308603 A1	13-09-1984
			DE 3312949 A1	31-10-1984
			AT 32033 T	15-02-1988
			DE 3375377 D1	25-02-1988
			EP 0100896 A2	22-02-1984
			JP 59165192 A	18-09-1984